



Comportamento espacial da fusariose e dos atributos do solo no cultivo da pimenta-do-reino

Carla da Penha SIMON^{1*}, Ana Carolina Lyra BRUMAT¹, Marcelo Barreto da SILVA¹,
Bernardo Torres OLMO¹, Edney Leandro da VITÓRIA¹, Alexandro Gomes FACCO¹

¹Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas, Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, ES, Brasil.

* E-mail: carlasimon2009@hotmail.com

Recebido em abril/2017; Aceito em julho/2017.

RESUMO: A pimenta-do-reino é a especiaria mais consumida no mundo e o Brasil destaca-se como um dos maiores produtores. Um dos grandes limitantes no seu cultivo é a fusariose (*Fusarium solani* f. sp. *piperis*). Objetivou-se com a realização deste estudo caracterizar a variabilidade espacial da fusariose em pimenta-do-reino, verificando a existência de relação com os atributos físicos e químicos do solo. O estudo foi desenvolvido em uma lavoura localizada no município de São Mateus-ES, na qual foi estabelecida uma malha amostral irregular com 79 pontos, abrangendo uma área de um hectare. Para a amostragem da fusariose foi realizado um levantamento, onde uma planta por ponto da malha amostral foi classificada em sadia, doente ou morta. Os atributos do solo amostrados foram: pH em H₂O, matéria orgânica, cálcio, magnésio, potássio e textura do solo. Os dados foram analisados através da estatística descritiva e ferramentas da geoestatística. Os semivariogramas ajustados apresentaram uma forte dependência espacial para as variáveis intensidade da fusariose, altimetria, matéria orgânica, textura do solo, pH, cálcio, magnésio potássio (89, 94, 92, 94, 93, 91, 100 e 85 % respectivamente). Os mapas gerados indicam que não há relação da intensidade da fusariose com os atributos do solo estudados no experimento.

Palavra-chave: epidemiologia, *Fusarium solani* f. sp. *piperis*, geoestatística, *Piper nigrum* L.

Spatial analysis of fusariosis and soil attributes in the black pepper cultivation

ABSTRACT: Black pepper is the most consumed spice in the world, Brazil stands out as one of the largest producers. One of the major constraints in cultivation is fusariosis (*Fusarium solani* f. *Piperis*). The objective of this study was characterize the spatial variability of fusariosis in black pepper and verify the relationship of chemical attributes of the soil. The study was developed in a tillage located in the municipality of São Mateus - ES, which exist an irregular sampling network was established with 79 points, covering an area of one hectare. For the sampling of fusariosis intensity, the survey was performed, where one plant per point of the sample mesh was classified as healthy, symptomatic or dead. The attributes of the soil sampled were: pH in H₂O, organic matter, nutrient content (calcium, magnesium, potassium) and soil texture. Data were analyzed through descriptive statistics and geostatistics tools. The adjusted semivariograms indicated a strong spatial dependence for the variables intensity of fusariosis, altimetry, organic matter, soil texture, pH, calcium, potassium magnesium (89, 94, 92, 94, 93, 91, 100 and 85%, respectively). The generated maps indicate that there is no relation between the incidence of fusariosis and the soil attributes studied in the experiment.

Keywords: epidemiology, *Fusarium solani* f. sp. *piperis*, geostatistics, *Piper nigrum* L.

1. INTRODUÇÃO

A pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) é a especiaria mais consumida no mundo. Os maiores produtores mundiais da pimenta-do-reino são Índia, Vietnã, Indonésia, Malásia e Brasil. Sua introdução no Brasil ocorreu no século XVII, primeiramente no Estado da Bahia, sendo levada em seguida para outros Estados, mas só se estabeleceu como cultivo, em 1933 no Estado do Pará, após a introdução da cultivar Cingapura, pelos imigrantes japoneses (CONAB, 2015).

Atualmente o país dispõe de uma área plantada de 30 mil hectares, distribuídos na região Norte, Nordeste e Sudeste. A produção brasileira em 2015 foi de aproximadamente 54 mil toneladas. O estado do Pará é o maior produtor de pimenta-do-reino, seguido por Espírito Santo e Bahia. O Espírito Santo possui uma área plantada de 8 mil hectares, sendo 4 mil em produção, responsáveis por 14 mil toneladas colhidas

e rendimento de 3,5 toneladas por hectare, o maior do país (IBGE, 2016).

Dentre os vários fatores que mais preocupam os pipericultores, e que limitam a produtividade da cultura, tanto no Espírito Santo quanto no Pará, é a morte precoce de plantas, destacando a má fertilização do solo e a fusariose. O que justifica transmitir para os produtores informações disponíveis de pesquisa, para o diagnóstico e manejo da cultura (VENTURA; COSTA, 2004).

A fusariose da pimenta-do-reino, causada pelo fungo *Fusarium solani* f. sp. *piperis* também conhecida por podridão do pé, podridão das raízes ou mal de mariquita, é uma doença que vem trazendo sérios prejuízos à pipericultura capixaba. Nos últimos anos, ela vem ocorrendo em toda a região produtora do Espírito Santo, principalmente nos municípios de Linhares, São Mateus, Jaguaré, Nova Venécia, Colatina, Boa Esperança e Aracruz. A infecção do sistema

radicular, e mesmo dos ramos, ocorre principalmente durante os períodos de chuva, quando a umidade relativa do ar é alta. A maior dispersão da doença tem ocorrido em solos mal drenados (DUARTE; ALBURQUERQUE, 2005).

A suscetibilidade do hospedeiro é um dos fatores relevantes à infecção por patógenos, sendo influenciada pelo desequilíbrio nutricional de macro e micronutrientes, pelo fato de reduzir a resposta de defesa (PINHEIRO, 2007). A influência da fertilidade do solo sobre o patógeno pode ser representada por regras ou modelos geoestatísticos para a previsão de ocorrência de doenças (WMO, 1988).

A geoestatística é uma importante ferramenta de análise da distribuição espacial de doenças e da variabilidade de características do solo (CARVALHO et al., 2002). Permite quantificar a magnitude e o grau de dependência espacial e descrever detalhadamente a variabilidade espacial das variáveis estudadas por meio de um interpolador exato e preciso (ALVES et al., 2006).

Assim, objetivou-se, com a realização deste trabalho, caracterizar através da geoestatística a distribuição espacial da fusariose e verificar sua relação com os atributos do solo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em uma lavoura comercial de pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) var. Bragantina, com sete anos de idade sendo irrigada por sistema de microaspersão em um espaçamento de 3x2 m. Localizado na cidade de São Mateus - ES, cujas coordenadas são: E: 389252,56, N: 7932135,86 e altitude média de 70 metros. De acordo com a classificação de Köppen (1948), o clima da região insere-se no tipo Aw, com inverno seco e estação chuvosa no verão concentrada.



Figura 1. Cultivo de pimenta-do-reino em São Mateus, ES, onde a campo demarcado representa a área experimental. Fonte: Google earth.

Figure 1. Black pepper cultivation in São Mateus, ES, where the demarcated field represents the experimental area. Source: Google earth.

O cultivo estava instalado há sete anos com espaçamento de 3,0 x 2,0 metros, irrigado por sistema de microaspersão abrangendo uma área de um hectare. Nesse polígono foi estabelecida uma malha irregular, composta por 79 pontos georeferenciados.

Ao redor de cada ponto foram coletadas três amostras simples de solo em uma profundidade de 0,2 m, compondo uma amostra composta representativa à coordenada. As amostras foram encaminhadas para laboratório de análises agrônômicas Fullin®, localizado em no município de Linhares/ES, para a quantificação dos atributos químicos (pH, K, Ca, Mg e matéria orgânica) e físicos (textura).

Os teores de Ca e Mg foram determinados por meio do extrator KCl na concentração de 1 mol.L⁻¹, quanto o K foi quantificado utilizando-se solução extratora Mehlich. A textura do solo foi determinada em laboratório pelo método da pipeta. O pH foi determinado através do pHmetro de bancada. A matéria orgânica foi determinada pelo método de oxidação do carbono orgânico por dicromato.

A intensidade da fusariose foi monitorada através da inspeção visual da parte aérea das plantas. O levantamento da doença foi realizado em uma planta por coordenada, sendo avaliada a intensidade da fusariose, e classificada com a atribuição de valores: 1 - plantas sadias, ausente de sintomas da doença; 2 - plantas doentes, que apresentavam os sintomas de queda de folhas, ramos e internódios no terço superior; morte de ramos superiores ou planta seca; e 3- plantas mortas em decorrência da doença.

Através de estatística descritiva, avaliou-se a variabilidade espacial da fusariose, pH, K, Ca, Mg, matéria orgânica e textura, sendo determinados: a média, mediana, variância, coeficientes de variação, assimetria e curtose. Utilizaram-se as técnicas de geoestatística para avaliar a dependência espacial, por meio da estimativa de semivariograma experimental e ajustes de modelos permitidos.

Assumida a hipótese de estacionaridade, os dados foram submetidos à análise geoestatística por meio do ajuste do semivariograma, proposta por com base na pressuposição de estacionaridade da hipótese intrínseca.

Após o ajuste de um modelo matemático aos valores calculados de $\gamma(h)$, os parâmetros do modelo teórico foram definidos para o semivariograma (efeito pepita (C_0)); variância estrutural (C_1); Alcance ou intervalo de dependência espacial (a) e patamar ($C_0 + C_1$). As amostras separadas por distâncias menores do que o intervalo é espacialmente correlacionado, enquanto as separadas por distâncias maiores não estão correlacionadas. Para análise do índice de dependência espacial (IDE), foi utilizada a relação conforme equação 1, e os intervalos propostos por Zimback (2001) que considera: dependência espacial fraca ($IDE < 25\%$); moderada ($25\% \leq IDE < 75\%$) e forte ($IDE \geq 75\%$).

$$IDE (\%) = C_1 / (C_0 + C_1)$$

Equação (1)

Para a elaboração dos mapas de distribuição espacial foi utilizado o programa GS+ v.7.0® (Gamma Design Software, 2004), ajustando-se os semivariograma sem função do coeficiente de regressão quadrado médio do erro, obtendo-se os mapas de krigagem.

3. RESULTADOS

Os resultados obtidos pela análise descritiva para todas as variáveis estudadas estão dispostos na Tabela. Os coeficientes de variação estão entre 0,2 e 50%.

Para o cálculo das semivariâncias, cada semivariograma contou com no mínimo 23 e no máximo 916 pares de pontos. Sendo a estrutura de dependência espacial, representada pelo Índice de Dependência Espacial (IDE) presente em todas as variáveis, classificado como forte, onde variou os valores de 85 a 100% (Tabela 2).

Os modelos matemáticos que melhor se ajustaram aos atributos do solo foram exponencial (altimetria, matéria orgânica, cálcio, magnésio e potássio), esférico (textura e pH) e gaussiano (intensidade de fusariose).

Nos mapas de distribuição espacial das variáveis analisadas (Figura 2) pode-se observar que a fusariose da pimenta-do-reino não demonstrou correlação espacial com os atributos do solo avaliados.

Por meio do mapa da Figura 2A é possível observar a que a fusariose se instala na lavoura ao acaso, e posteriormente

formam-se focos com um índice de dependência espacial muito forte (89%), configurando-se assim uma evolução da doença no cultivo de forma agregada.

O solo predominante na área foi argiloso, contendo manchas do solo arenoso e muito argiloso, no entanto não houve relação com a intensidade da fusariose na área.

Tabela 1. Análise descritiva para intensidade de fusariose e atributos do solo no cultivo da pimenta-do-reino em São Mateus, ES.
Table 1. Descriptive analysis for fusariosis intensity and soil attributes in the cultivation of black pepper in São Mateus, ES.

Atributo	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	CV (%)	Assimetria	Curtose
Intensidade da Fusariose	1,675	1	1	3	50%	0,67	-1,23
Altimetria (m)	71,86	71,89	71,27	72,24	0,2%	-0,52	0,53
Textura	2,1875	2	1	3	30%	-0,21	-0,72
MO (dag kg ⁻¹)	2,1675	2,1	1	3,7	27%	0,26	-0,73
pH	6,4125	6,5	3,7	7,6	11%	-0,84	1,59
Cálcio (cmolc dm ⁻³)	2,91	2,9	0,8	4,7	24%	-0,04	0,31
Magnésio (cmolc dm ⁻³)	0,77	0,7	0,2	1,3	25%	2,11	2,43
Potássio (mg dm ⁻³)	131,99	130	49	290	29%	1,23	3,67

Tabela 2. Parâmetros dos semivariogramas para intensidade de fusariose e atributos do solo no cultivo de pimenta-do-reino em São Mateus, ES

Table 2. Semivariograms parameters for fusariosis intensity and soil attributes in the cultivation of black pepper in São Mateus, ES.

Atributo	Modelo	Efeito Pepita (C0)	Patamar (C0 + C)	Alcance (a)	R ²	IDE
Fusariose (intensidade)	Gaussiano	0,076	0,689	7,2	0,882	89 %
Textura	Esférico	0,026	0,449	14,5	0,408	94 %
Altimetria (m)	Exponencial	0,0048	0,597	149,1	0,963	92 %
MO (dag kg ⁻¹)	Exponencial	0,0202	0,3364	2,45	0,925	94 %
pH	Esférico	0,03	0,457	11,68	0,996	93 %
Cálcio (cmolc dm ⁻³)	Exponencial	0,046	0,516	4,6	0,655	91 %
Magnésio (cmolc dm ⁻³)	Exponencial	0,0001	0,0373	2,74	0,552	100 %
Potássio (mg dm ⁻³)	Exponencial	242	1573	21,3	0,754	85 %

4. DISCUSSÃO

Conforme a classificação de Pimentel-Gomes et al. (2002) o coeficiente variação da altimetria é classificado como baixo em virtude das condições homogêneas do relevo da área de estudo. O pH possui coeficiente de variação médio, isso em virtude das calagens realizadas conforme a necessidade do solo. Os coeficientes de variação do cálcio, magnésio, matéria orgânica, potássio e textura do solo foram altos, isso pode ser explicado pelo fato de que os atributos químicos do solo assumem esta variação devido ao manejo da adubação aplicada regulamente no cultivo, e a textura do solo principalmente devido as manchas de solo existentes na área. O coeficiente de variação obtido para intensidade da fusariose, foi classificado como muito alto, isso por se tratar de um fenômeno biológico, são esperados valores expressivos de coeficiente de variação, principalmente por ser patógeno do solo, caracterizado por possuir disseminação mais lenta.

A forte relação entre a distribuição espacial e a os atributos físicos e químicos do solo pode ser explicada pelas mudanças impostas pelo manejo do cultivo principalmente pela adubação, calagem e pela própria relação de extração de nutrientes pelas plantas.

A fusariose da pimenta-do-reino não demonstrou correlação espacial com os atributos do solo avaliados. De acordo com Ventura (2004) e Silva et al. (2011) a fusariose da pimenta-do-reino inicia-se em lavouras novas principalmente por meio de mudas contaminadas, o que contribui para que a sua distribuição ocorra ao acaso. Diante disto, as características físicas e químicas do solo não têm influência direta na distribuição da doença no campo, mas a

posterior evolução da doença após o seu estabelecimento na área.

A forte dependência espacial obtida para a intensidade da fusariose ocorre após a sua instalação, ao acaso. Após a realização dos tratos culturais principalmente a colheita. Assim a fusariose assume comportamento agregado em forma de focos. Esse dado é importante principalmente quando juntos analisamos o seu alcance (7,2 m), ou seja, neste raio a partir da ocorrência considerando o alcance a intensidade passa a não ser ao acaso. A análise inicial é fundamental para prever a disseminação da doença, que se dará a partir dos focos. Práticas como arranquio de plantas doentes e a delimitação de áreas de manejo, são práticas que podem ser utilizadas para mitigar a disseminação da doença que apresenta esse tipo de comportamento. Assim justifica-se a criação de frentes de manejo e estabelecimento de controle a partir do alcance.

A textura do solo predominante argilosa, que em conjunto a análise de matéria orgânica, pode-se constatar que os teores estão adequados ao cultivo da pimenta-do-reino, sendo que a faixa predominante na área foi de 2,86 a 2,30%, o que para solos tropicais é considerado bom nível de matéria orgânica. Esta propriedade é importante, pois é considerada um condicionante do solo por melhorar a retenção de água e garantir melhorias consideráveis na fertilidade, física e química do solo.

Os teores de cálcio, magnésio e potássio encontram-se na faixa adequada para a cultura conforme preconiza Prezotti et al. (2007), de modo que esta particularidade não causou interferência para distribuição espacial da fusariose. Ao relacionarmos a idade das plantas e a disponibilidade

nutricional do solo, constata-se que esses fatores não interferiram na ocorrência da doença.

O controle de doenças, principalmente a fusariose, a partir da análise espacial ainda é um desafio, principalmente por se tratar de um organismo vivo, um fungo, com capacidade de se disseminar pelo contato direto e via solo. Na literatura trabalhos (LAMB; BROWN, 2001) que abordam o uso da geoestatística como ferramenta útil a fitopatologia. Entretanto, é preciso conhecer as estratégias de manejo adotadas para a cultura de interesse econômico, associá-las ao ciclo de vida e aos mecanismos de sobrevivência do fitopatógeno, a fim de estabelecer a melhor estratégia para controle. Um dos fatores que mais limitam o uso da geoestatística associada fitossanidade é o tempo entre

a amostragem da lavoura, processamento dos dados e a adoção das novas estratégias de manejo.

O gerenciamento da variabilidade espacial da fusariose, após a sua instalação aleatória na lavoura é interessante, com criação de zonas de manejo, de acordo com Molin (2002) a zona de manejo consiste na delimitação de áreas compatíveis para realização de manejo.

Os atributos do solo são fundamentais as plantas e devendo ser levados em conta em estudos posteriores que trabalhem a variabilidade temporal da distribuição da doença caracterizando sua disseminação, a fim de estabelecer padrões para criação de estratégias de controle deste fitopatógeno.

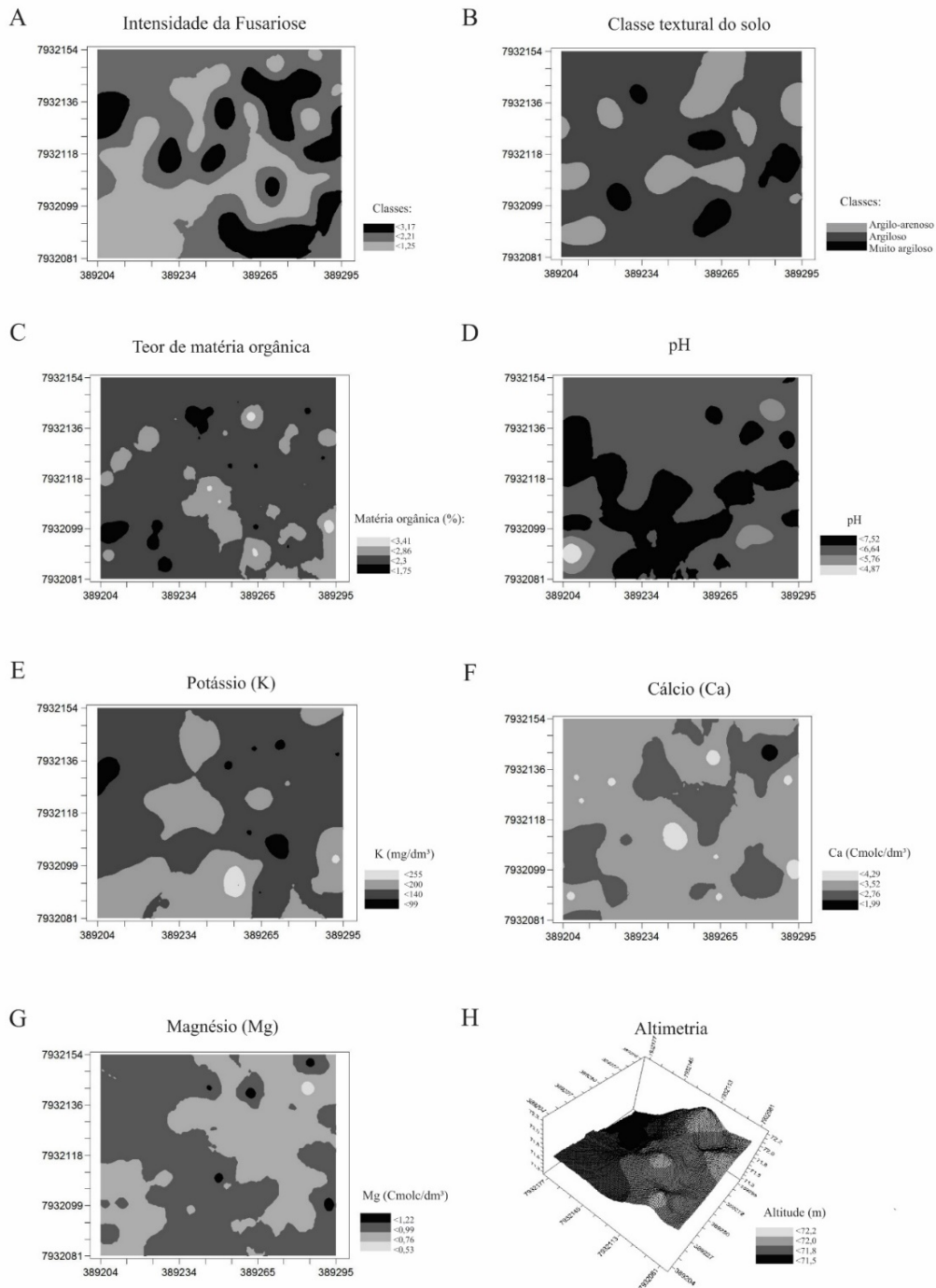


Figura 2. Mapas de krigagem da intensidade de fusariose e atributos do solo em cultivo de pimenta-do-reino em São Mateus, ES. Figure 2. Kriging maps of fusarium intensity and soil attributes in black pepper cultivation in São Mateus, ES.

5. CONCLUSÕES

A distribuição da fusariose ocorre ao acaso na lavoura. O conhecimento da distribuição espacial da doença, por meio da geoestatística, pode ser usado como base para estabelecer medidas de manejo que reduzam a disseminação da doença.

Não foram observadas relações entre a distribuição espacial da fusariose e dos atributos do solo.

6. REFERÊNCIAS

- ALVES, M. C.; POZZA, E. A.; MACHADO, J. C.; ARAÚJO, D. V.; TALAMINI, V.; OLIVEIRA, M. S. Geoestatística como metodologia para estudar a dinâmica espaço-temporal de doenças associadas à *Colletotrichum* spp. transmitidos por sementes. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 6, p.557-563, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-41582006000600004>.
- BRIDA, A. L., GABAI, A. A., PREZZONI FILHO, J. C., MORAES, D. A. C., WILCKEN, S. R. S. Spatial variability of *Meloidogyne javanica* in soybean. **Summa Phytopathologica**, v. 42, n. 2, p. 175-179, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-5405/2140>.
- CARVALHO, J. R. P.; SILVEIRA, P. M. da; VIEIRA, S. R. Geoestatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 8, p. 1151-1159, 2002. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2002000800013>.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Conjuntura pimenta-do-reino no Espírito Santo**. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_08_26_16_06_06_conjuntura_de_pimenta-do-reino_2015_.pdf.> Acesso em: 27 de novembro de 2016.
- DUARTE M. L. R.; ALBUQUERQUE F. C. **Sistema de Produção da Pimenteira-do-reino**, Embrapa Amazônia Oriental, 2005. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pimenta/PimenteiradoReino/paginas/importancia.htm>.> Acesso em 27 novembro de 2016.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Artigo disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agr> opecuaria/lspa/default.shtm.> Acesso em: 27 novembro de 2016.
- LAMB, D. W.; BROWN, Ralph B. Precision agriculture: Remote-sensing and mapping of weeds in crops. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 78, n. 2, p. 117-125, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1006/jaer.2000.0630>
- SILVA, B. S. O.; DRUMOND NETO, A. P.; SILVA, M. B. Pimenta-do-reino: importância da defesa fitossanitária para a sustentabilidade da atividade na região norte do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 1, n. 1, p.88-92, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.21206/rbas.v1i1.17>.
- MOLIN, J. P. Definição de unidades de manejo a partir de mapas de produtividade. **Engenharia Agrícola**, v. 22, n. 1, p. 83-92, 2002.
- PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos**. Piracicaba: Fealq, 2002. 309 p.
- PINHEIRO, J. B. **Manejo da ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow & P. Sydow) com nutrientes e fungicidas e a influência da nutrição mineral na distribuição espacial e reprodução do nematóide do cisto da soja (i)**. 2007. 175 f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.
- PREZOTTI, L.; GOMES, J.; DADATO, G.; OLIVEIRA, J. D. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o Espírito Santo 5ª aproximação**. Vitória, ES: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305p.
- SANTOS, E. O. J., GONTIJO, I., SILVA, M. B., DRUMOND, A. P. Variabilidade espacial de macronutrientes em uma lavoura de café conilon no Norte do Espírito Santo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 3, p. 469-476, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rca/v46n3/0045-6888-rca-46-03-0469.pdf>> Acesso em: 15 de julho de 2017.
- VENTURA, J. A.; COSTA, H. **Manejo da fusariose da pimenta-do-reino no Estado do Espírito Santo**. Vitória, ES: Incaper, 2004. 16 p.
- WMO. Agrometeorological aspects of operational crop protection. Genebra: WMO, 1988. 185 p. (Technical note, 192).